

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年12月28日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-401987

[ ST.10/C ]:

[ JP2000-401987 ]

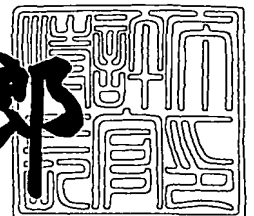
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社アドバンテスト

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030575

【書類名】 特許願

【整理番号】 10059

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R

【発明の名称】 L S I 試験装置

【請求項の数】 21

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都練馬区旭町1丁目32番1号株式会社アドバンテ  
                        スト内

    【氏名】 古川 靖夫

【発明者】

    【住所又は居所】 徳島県徳島市国府町府中460番地2号

    【氏名】 一宮 正博

【発明者】

    【住所又は居所】 徳島県徳島市中常三島町2丁目9番地2号

    【氏名】 橋爪 正樹

【発明者】

    【住所又は居所】 徳島県徳島市福島1丁目7番地57号

    【氏名】 為貞 建臣

【特許出願人】

    【識別番号】 390005175

    【氏名又は名称】 株式会社アドバンテスト

【代理人】

    【識別番号】 100104156

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 龍華 明裕

    【電話番号】 (03)5366-7377

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 L S I 試験装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電子デバイスを試験する L S I 試験装置であって、  
前記電子デバイスに直流の電源電圧を供給する電源部と、  
前記電源部から、前記電子デバイスに供給される電源電流を検出する検出部と

前記電子デバイスの良否を判定する判定部と  
を備え、

前記電源部は、前記電源電圧に所定の周期を有する重畳信号を重畳する手段を  
有し、

前記判定部は、前記電子デバイスに、前記重畳信号が重畳された前記電源電圧  
に供給された場合に、前記検出部が検出する電源電流に基づいて前記電子デバイ  
スの良否を判定することを特徴とする L S I 試験装置。

【請求項 2】 前記電源部は、前記重畳信号の信号レベルを変化させる手段  
を有し、

前記判定部は、前記重畳信号の信号レベル毎に、前記電子デバイスの良否を判  
定することを特徴とする請求項 1 に記載の L S I 試験装置。

【請求項 3】 前記電源部は、前記重畳信号の周波数を変化させる手段を有  
することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の L S I 試験装置。

【請求項 4】 前記判定部は、前記電源電圧が前記電子デバイスに供給され  
た場合に、前記電子デバイスに供給されるべき電源電流と、前記重畳信号が重畳  
された前記電源電圧が前記電子デバイスに供給された場合に、前記検出部が検出  
する電源電流との差と、

前記重畳信号の周期と  
に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項 1 から  
3 のいずれかに記載の L S I 試験装置。

【請求項 5】 前記判定部は、重畳信号が重畳された前記電源電圧が前記電  
子デバイスに供給された場合に、前記電子デバイスに供給されるべき電源電流の

スペクトルと、

前記重畳信号が重畳された前記電源電圧が前記電子デバイスに供給された場合に、前記検出部が検出する電源電流のスペクトルとの差に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の L S I 試験装置。

【請求項 6】 前記判定部は、前記重畳信号が重畳された前記電源電圧が、前記電子デバイスに供給された場合に、前記検出部が検出する電源電流の所定の周波数成分の大きさに基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することをことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の L S I 試験装置。

【請求項 7】 前記電子デバイスにテストパターンを供給するパターン発生部を更に備え、

前記判定部は、前記電子デバイスに前記テストパターンが入力されている状態において、前記検出部が検出した電源電流に基づいて前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の L S I 試験装置。

【請求項 8】 前記電子デバイスは、複数の半導体素子を有し、  
前記パターン発生部は、前記複数の半導体素子の全てを少なくとも一度動作させる前記テストパターンを、前記電子デバイスに供給することを特徴とする請求項 7 に記載の L S I 試験装置。

【請求項 9】 所定の周波数を有する電磁波を発生する電磁波発生部を更に備え、

前記判定部は、前記電磁波発生部が発生した電磁波が、前記電子デバイスに伝搬されている状態において、前記検出部が検出した電源電流に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の L S I 試験装置。

【請求項 1 0】 前記電磁波発生部が発生する電磁波と、前記重畳信号とは、略同一の周波数を有することを特徴とする請求項 9 に記載の L S I 試験装置。

【請求項 1 1】 前記電磁波発生部は、発生する電磁波の強度を変化させる手段を有することを特徴とする請求項 9 又は 1 0 に記載の L S I 試験装置。

【請求項 1 2】 前記電磁波発生部は、発生する電磁波の周波数を変化させ

る手段を有することを特徴とする請求項9から11のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項13】 前記電磁波発生部は、

第1周波数を有する電磁波を発生する第1発生器と、

第2周波数を有する電磁波を発生する第2発生器と

を有し、

前記第1発生器と前記第2発生器とは、異なる位置に配置されることを特徴とする請求項9から12のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項14】 前記電磁波発生部は、前記第1発生器及び前記第2発生器の位置又は向きの少なくともいずれかを調整する磁界調整部を有することを特徴とする請求項13に記載のLSI試験装置。

【請求項15】 前記判定部は、前記電磁波発生部が発生する電磁波の周波数に更に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項9から14のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項16】 所定の周波数を有する交流電界を発生する交流電界発生部を更に備え、

前記判定部は、前記交流電界発生部が発生した交流電界が、前記電子デバイスに伝搬されている状態において、前記検出部が検出した電源電流に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項1から15のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項17】 前記交流電界発生部が発生する前記交流電界と、前記重畳信号とは、略同一の周波数を有することを特徴とする請求項16に記載のLSI試験装置。

【請求項18】 前記交流電界発生部は、前記交流電界の強度を変化させる手段を有することを特徴とする請求項16又は17に記載のLSI試験装置。

【請求項19】 前記交流電界発生部は、前記交流電界の周波数を変化させる手段を有することを特徴とする請求項16から18のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項20】 前記判定部は、前記交流電界発生部が発生した前記交流電

界の周波数に更に基づいて、前記電子デバイスの良否を判定することを特徴とする請求項16から19のいずれかに記載のLSI試験装置。

【請求項21】 前記電子デバイスは、前記電源部から、前記重畳信号が重畳された前記電源電圧が供給される複数の半導体素子を有し、

前記交流電界発生部は、前記複数の半導体素子のうちの一部の半導体素子の入力に、前記交流電界を供給する電界プローブを有することを特徴とする請求項15から20のいずれかに記載のLSI試験装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子デバイスを試験するLSI試験装置に関する。特に、電子デバイスの電源電流に基づいて、電子デバイスの良否を判定するLSI試験装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、非常に多くの半導体デバイスが製造されている。製造された半導体デバイスは、市場に出荷される前に、半導体試験装置によって故障の有無を診断される必要がある。半導体試験装置は、半導体デバイスに対してファンクションテストと呼ばれる試験を行ない、その良否を判定する。ファンクションテストにおいて、テストパターンが半導体デバイスに供給され、半導体デバイスから出力される出力結果に基づいて、その良否が判定される。

【0003】

近年、半導体デバイスを高集積化する研究が盛んに進められている。半導体デバイスの高集積化に伴って、ファンクションテストにおけるテストパターンが複雑化し、生成が困難となってきた。また、全ての素子を全ての故障可能性についてファンクションテストによって完璧に試験しようとする、テストパターンの量が膨大であるため、試験時間がかかりすぎ、そのようなファンクションテストが実質的に不可能となっている。

【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

ファンクションテストとは別に、試験を効率的に行なうべく開発された試験法として、半導体デバイスの静止電源電流を測定する静止電源電流試験と呼ばれる方法がある。この方法は、正常なトランジスタが静止状態で殆ど電流を流さないことを利用し、静止状態における異常電流を検出することによって、半導体デバイスの良否を判定することを特徴とする。従来の静止電源電流試験は、入力するパターンによって異常電流の検出が困難となる場合があり、また、異常電流とノイズを区別するのが困難であるという問題があった。

## 【0005】

そこで本発明は、上記の課題を解決することのできるLSI試験装置を提供することを目的とする。この目的は、特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の形態においては、電子デバイスを試験するLSI試験装置であって、電子デバイスに直流の電源電圧を供給する電源部と、電源部から、電子デバイスに供給される電源電流を検出する検出部と、電子デバイスの良否を判定する判定部とを備え、電源部は、電源電圧に所定の周期を有する重畳信号を重畳する手段を有し、判定部は、電子デバイスに、重畳信号が重畳された電源電圧に供給された場合に、検出部が検出する電源電流に基づいて電子デバイスの良否を判定することを特徴とするLSI試験装置を提供する。

## 【0007】

電源部は、重畳信号の信号レベルを変化させる手段を有し、判定部は、重畳信号の信号レベル毎に、電子デバイスの良否を判定してよい。また、電源部は、重畳信号の周波数を変化させる手段を有してよい。また、判定部は、電源電圧が電子デバイスに供給された場合に、電子デバイスに供給されるべき電源電流と、交流信号が重畳された電源電圧が電子デバイスに供給された場合に、検出部が検出する電源電流との差と、重畳信号の周期とに基づいて、電子デバイスの良否を判



定してよい。また、判定部は、重畳信号が重畳された電源電圧が電子デバイスに供給された場合に、電子デバイスに供給されるべき電源電流のスペクトルと、重畳信号が重畳された電源電圧が電子デバイスに供給された場合に、検出部が検出する電源電流のスペクトルとの差に基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。また、判定部は、重畳信号が重畳された電源電圧が、電子デバイスに供給された場合に、検出部が検出する電源電流の所定の周波数成分の大きさに基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。

## 【0008】

また、電子デバイスにテストパターンを供給するパターン発生部を更に備え、判定部は、電子デバイスにテストパターンが入力されている状態において、検出部が検出した電源電流に基づいて電子デバイスの良否を判定してよい。また、電子デバイスは、複数の半導体素子を有し、パターン発生部は、複数の半導体素子の全てを少なくとも一度動作させるテストパターンを、電子デバイスに供給してよい。

## 【0009】

また、所定の周波数を有する電磁波を発生する電磁波発生部を更に備え、判定部は、電磁波発生部が発生した電磁波が、電子デバイスに伝搬されている状態において、検出部が検出した電源電流に基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。電磁波発生部が発生する電磁波と、重畳信号とは、略同一の周波数を有してよい。また、電磁波発生部は、発生する電磁波の強度を変化させる手段を有してよい。また、電磁波発生部は、発生する電磁波の周波数を変化させる手段を有してよい。また、電磁波発生部は、第1周波数を有する電磁波を発生する第1発生器と、第2周波数を有する電磁波を発生する第2発生器とを有し、第1発生器と第2発生器とは、異なる位置に配置されてよい。

## 【0010】

また、電磁波発生部は、第1発生器及び第2発生器の位置又は向きを調整する磁界調整部を有してよい。また、判定部は、電磁波発生部が発生する電磁波の周波数に更に基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。

## 【0011】

また、所定の周波数を有する交流電界を発生する交流電界発生部を更に備え、判定部は、交流電界発生部が発生した交流電界が、電子デバイスに伝搬されている状態において、検出部が検出した電源電流に基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。また、交流電界発生部が発生する交流電界と、重畳信号とは、略同一の周波数を有してよい。また、交流電界発生部は、交流電界の強度を変化させる手段を有してよい。また、交流電界発生部は、交流電界の周波数を変化させる手段を有してよい。また、判定部は、交流電界発生部が発生した交流電界の周波数に更に基づいて、電子デバイスの良否を判定してよい。また、電子デバイスは、電源部から、重畳信号が重畳された電源電圧が供給される複数の半導体素子を有し、交流電界発生部は、複数の半導体素子のうちの一部の半導体素子の入力に、交流電界を供給する電界プローブを有してよい。

## 【0012】

尚、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又、発明となりうる。

## 【0013】

## 【発明の実施の形態】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

## 【0014】

図1は、本発明の第1実施形態に係るLSI試験装置100の構成の一例を示す。LSI試験装置100は、パターン発生部10、電源部20、検出部14、判定部16を備える。本発明において、試験されるべき電子デバイス12は、複数の半導体素子を有するデジタル回路を有してよく、またデジタル／アナログ混在回路を有してもよい。本発明において、電子デバイス12が、デジタル／アナログ混在回路を有する場合、LSI試験装置100は、電子デバイス12のアナログ回路をオフにした後に、デジタル回路の試験を行うことが好ましい。

## 【0015】

パターン発生部 1 0 は、電子デバイス 1 2 を試験するためのテストパターンを発生し、電子デバイス 1 2 に供給する。パターン発生部 1 0 は、電子デバイス 1 2 を試験する試験項目に応じて、様々なテストパターンを生成することが好ましい。例えば、パターン発生部 1 0 は、電子デバイス 1 2 の複数の半導体素子の全てを少なくとも一度動作させるテストパターンを、電子デバイス 1 2 に供給することが好ましい。また、パターン発生部 1 0 は、電子デバイス 1 2 の複数の半導体素子の一部の半導体素子を含むブロック回路において、当該一部の半導体素子のうちの一つの半導体素子に入力される入力信号によって、当該ブロック回路の出力が決定しないように、当該一部の半導体素子のそれぞれの入力に対して定められた入力信号の組み合わせを有するテストパターンを、電子デバイス 1 2 に供給してよい。また、パターン発生部 1 0 は、電子デバイス 1 2 にランダムなテストパターンを供給してよい。

## 【 0 0 1 6 】

電源部 2 0 は、電子デバイス 1 2 の半導体素子を駆動させるための電源電圧を、電子デバイス 1 2 に供給する。電源部 2 0 は、当該電源電圧に所定の周期を有する重畳信号を重畳する手段を有する。例えば、電源部 2 0 は、当該電源電圧を発生する電源 2 4 と、当該重畳信号を発生する任意波形発生部 2 2 と、当該電源電圧に、当該重畳信号を重畳させる加算部を含んでよい。また、電源部 2 0 は、当該重畳信号の信号レベルを変化させる手段を有することが好ましい。例えば、電源部 2 0 は、1 試験サイクル毎に信号レベルを変化させ、判定部 1 6 は、それぞれの信号レベル毎に、電子デバイス 1 2 の良否を判定してよい。また、電源部 2 0 は、当該重畳信号の周波数を変化させる手段を有することが好ましい。

## 【 0 0 1 7 】

検出部 1 4 は、電源部 2 0 が電子デバイス 1 2 に供給する電源電圧に基づいて、電源部 2 0 から電子デバイス 1 2 に供給される電源電流を検出する。検出部 1 4 は、検出した電源電流の情報を判定部 1 6 に与える。

## 【 0 0 1 8 】

判定部 1 6 は、検出部 1 4 が検出した電源電流に基づいて、電子デバイス 1 2 の良否を判定する。判定部 1 6 は、電子デバイス 1 2 に、電源 2 4 が発生した電

源電圧に、任意波形発生部 2 2 が発生した重畳信号が重畳された信号が供給された場合に、検出部 1 4 が検出する電源電流に基づいて、電子デバイス 1 2 の良否を判定する。例えば、判定部 1 6 は、電源 2 4 が発生した電源電圧が電子デバイス 1 2 に供給された場合に、電子デバイス 1 2 に供給されるべき電源電流と、当該電源電圧に当該重畳信号が重畳された信号が電子デバイス 1 2 に供給された場合に、検出部 1 4 が検出する電源電流との差に基づいて、電子デバイス 1 2 の良否を判定してよい。つまり、当該電源電圧が電子デバイス 1 2 に供給された場合の電源電流の波形と、当該重畳信号が重畳された電源電圧が電子デバイス 1 2 に供給された場合の電源電流の波形とを比較し、後者の電源電流が有する電流成分であって、前者の電源電流が有さない電流成分を抽出し、当該電流成分に基づいて電子デバイス 1 2 の良否を判定してよい。

## 【 0 0 1 9 】

また、判定部 1 6 は、重畳信号が重畳された電源電圧が電子デバイス 1 2 に供給された場合に、電子デバイス 1 2 に供給されるべき電源電流のスペクトルと、重畳信号が重畳された電源電圧が電子デバイス 1 2 に供給された場合に、検出部 1 4 が検出する電源電流のスペクトルとの差に基づいて、電子デバイス 1 2 の良否を判定してよい。つまり、良品の電子デバイス 1 2 に、重畳信号が重畳された電源電圧が供給された場合に、当該良品の電子デバイス 1 2 に供給される電源電流のスペクトルと、試験される電子デバイス 1 2 に、重畳信号が重畳された電源電圧が供給された場合に、当該試験される電子デバイス 1 2 に供給される電源電流のスペクトルとを比較し、当該試験される電子デバイス 1 2 の良否を判定してよい。スペクトルの解析を行うことにより、更に精度よく電子デバイス 1 2 の良否を判定することができる。また、スペクトルの解析を行うことにより、電子デバイス 1 2 の解析を詳細に行うことができる。良否の電子デバイス 1 2 に、重畳信号が重畳された電源電圧が供給された場合の電源電流のスペクトルは、予め与えられることが好ましい。

## 【 0 0 2 0 】

また、当該電流成分の周期と、当該重畳信号の周期とを比較し、電子デバイス 1 2 の良否を判定することが好ましい。例えば、電子デバイス 1 2 の回路に、開

放不良等の不良箇所がある場合、検出部14が検出する電源電流に、当該重畳信号の周期と略同期した周期で異常な電流成分が現れる。そのため、当該電流成分の周期と、重畳信号の周期とを比較することにより、電子デバイス12の良否を容易に判定することができる。また、パターン発生部10が発生するテストパターンを変化させることにより、電子デバイス12の回路の故障箇所を容易に特定することができる。また、判定部16は、当該重畳信号が重畳された電源電圧が、電子デバイス12に供給された場合に、検出部14が検出する電源電流の所定の周波数成分の大きさに基づいて、電子デバイス12の良否を判定してよい。本例において、LSI試験装置100は、パターン発生部10を備え、判定部16は、電子デバイス12にテストパターンが入力されている状態において、検出部14が検出した電源電流に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。また、他の例においては、LSI試験装置100は、パターン発生部10を備えず、判定部16は、電子デバイス12にテストパターンが入力されていない状態において、検出部14が検出した電源電流に基づいて、電子デバイス12の良否を判定してよい。

## 【0021】

図2は、電子デバイス12に含まれる回路の一例を示す。図2(a)は、正常な回路の一例を示す。図2(a)では、一つのインバータの出力が次段のインバータの入力として用いられる。図2(b)は、図2(a)に示す回路において、開放不良がある回路の一例を示す。図2(b)に示す回路では、a-b間で開放不良が生じている。図2(c)は、図2(b)に示した、開放不良が生じている回路の一例の詳細な回路52を示す。

## 【0022】

回路52において、上段のトランジスタ $T_1$ は、nチャネルFETであり、下段のトランジスタ $T_2$ は、pチャネルFETである。また、容量 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ は、一例として、寄生容量である。トランジスタ $T_1$ には、電源部20(図1参照)から電源電圧(V<sub>dd</sub>)のバイアスが与えられる。回路52において、a-b間で開放不良が生じていない場合、トランジスタ $T_1$ のゲートには、テストパターンが入力され、テストパターンに基づいてトランジスタ $T_1$ がオン

／オフされる。この場合、電源部 2 0 から供給される電源電圧に重畳信号が重畳された場合であっても、電源電圧の変化は、トランジスタ  $T_1$  のオン／オフにはほとんど影響を与えない。そのため、検出部 1 4 (図 1 参照) が検出する電源電流は、当該テストパターンに基づいた電流パターンが検出される。

## 【 0 0 2 3 】

回路 5 2 において、 $a - b$  間で開放不良が生じている場合、トランジスタ  $T_1$  のゲートには、電源電圧に基づいた電圧が印加される。電源電圧に所定の周期の重畳信号が重畳されている場合、トランジスタ  $T_1$  は、当該重畳信号に基づいてオン／オフされ、検出部 1 4 は、当該重畳信号に基づいた電流パターンを有する電源電流を検出する。判定部 1 6 は、当該電流パターンの周期又は当該電流パターンの所定の周波数成分と、当該重畳信号の周期とを比較することにより、ノイズ等の影響を排除し、電源電流に含まれる当該重畳信号による電流成分を抽出し、電子デバイス 1 2 の故障箇所を検出することができる。

## 【 0 0 2 4 】

図 2 (d) は、図 2 (b) に示した、開放不良が生じている回路の他の一例の詳細な回路 5 4 を示す。回路 5 4 は、回路 5 2 において、開放端  $b$  が高抵抗で GND 電位と接続された回路である。開放端  $b$  が抵抗で GND 電位と接続されているため、Vdd から電圧が供給されない場合、トランジスタ  $T_1$  のゲートには、略零電位が与えられ、トランジスタ  $T_1$  は、常にオン状態となる。Vdd から電源電圧が供給された場合、初期状態においては、寄生容量  $C_1$ 、 $C_2$ 、抵抗  $R$  の分圧に基づく電圧がトランジスタ  $T_1$  のゲートに印加される。トランジスタ  $T_1$  のゲートに印加された電圧は、抵抗  $R$  によって徐々に略 GND 電位に近づき、トランジスタ  $T_1$  のしきい値で、トランジスタ  $T_1$  がオン／オフする。電源電圧が変化した場合、変化の初期状態で再び寄生容量  $C_1$ 、 $C_2$ 、抵抗  $R$  の分圧に基づく電圧がトランジスタ  $T_1$  のゲートに印加される。そのため、電源電圧に重畳信号が重畳されている場合、トランジスタ  $T_1$  は、重畳信号に基づいてオン／オフされ、検出部 1 4 は、重畳信号に基づいた電流成分を有する電源電流を検出する。以下、電源電圧に重畳する重畳信号の例を用いて、回路 5 2 及び回路 5 4 の動作、及び検出される電源電流の例を説明する。

## 【 0 0 2 5 】

図 3 は、重畳信号  $V_a$  及び、検出される電源電流  $I_{dd}$  の一例を示す。図 3 (a) は、電源部 20 が発生する電源電圧  $V_d$  の一例を示す。図 3 の各図において、横軸は時間を表し、縦軸は電圧又は電流の電圧値又は電流値を示す。図 3 (b) は、重畳信号  $V_a$  の一例を示す。電源部 20 は、図 3 (a) に示した電源電圧  $V_d$  に、図 3 (b) に示した重畳信号  $V_a$  を重畳した信号を、回路 52 又は回路 54 の  $V_{dd}$  に供給する。図 3 (c) は、回路 52 (図 2 参照) の  $V_{dd}$  から供給される、電源電流  $I_{dd}$  の一例を示す。図 2 (c) に関連して説明したように、電源電圧  $V_d$  に所定の周期の重畳信号  $V_a$  が重畳されている場合、トランジスタ  $T_1$  は、重畳信号  $V_a$  に基づいてオン／オフされ、検出部 14 は、重畳信号  $V_a$  に基づいた電流パターンを有する電源電流  $I_{dd}$  を検出する。つまり、図 3 (c) に示すように、電源電流  $I_{dd}$  において、重畳信号  $V_a$  の周期と略同期した周期の電流成分が検出される。判定部 16 は、当該電流成分に基づいて、電子デバイス 12 の良否を判定する。

## 【 0 0 2 6 】

図 3 (d) は、回路 54 (図 2 参照) の  $V_{dd}$  から供給される電源電流  $I_{dd}$  の一例を示す。図 2 (d) に関連して説明したように、回路 54 は、開放端 b と GND 電位が高抵抗で接続されているため、トランジスタ  $T_1$  のゲートに入力される電位は、時間の経過と共に、零電位に近づく。そのため、図 3 (d) に示すように、電源電流  $I_{dd}$  における、重畳信号  $V_a$  の周期と略同期した周期の電流成分は、徐々に減衰する。以上説明した LSI 試験装置 100 によれば、電子デバイス 12 の供給される電源電流を検出することで、開放不良等の不良を検出することができる。また、図 3 (c) 及び図 3 (d) の電流波形に示すように、電源電流  $I_{dd}$  の所定の周波数成分の大きさを検出することにより、開放不良や、寄生抵抗である高抵抗が接続された不良等の、不良モードを判別することができる。

## 【 0 0 2 7 】

図 4 は、図 3 に示す時間  $T_{10}$  から  $T_{20}$  までの一部の波形の一例の拡大図である。また、図 4 においては、回路 52 (図 2 参照) の動作を例として説明する

。図4の各図において、横軸は時間を表し、縦軸は電圧又は電流の大きさを示す。図4(a)は、図3(a)の一部の拡大図を示す。図4(b)は、図3(b)の一部の拡大図を示す。図4(c)は、図4(a)に示す電源電圧 $V_d$ に、図4(b)に示す重畳信号 $V_a$ を重畳した信号を示す。図4(d)は、図4(c)に示す電圧が、電子デバイス12に電源電圧として供給された場合に、回路52のトランジスタ $T_1$ のゲートに供給される電圧を示す。図4(e)は、図4(c)に示す電圧が、電子デバイス12に電源電圧として供給された場合に、検出部14が検出する電源電流の一例を示す。

## 【0028】

回路52のトランジスタ $T_1$ は、nチャネルFETであるため、図4(d)に示すような、ゲート電圧 $V_g$ が供給された場合、ゲート電圧 $V_g$ のプラス電圧側の立ち上がり時のみ、オン/オフが切り替わる。電源電流 $I_{dd}$ は、トランジスタ $T_1$ において、オン/オフが切り替わるタイミングで、電流値が大きく変化する。電源電流 $I_{dd}$ において、電流値が大きく変化するタイミングは、重畳信号 $V_a$ の周期と略等しい。そのため、電源電流 $I_{dd}$ の周波数成分を検出することにより、電子デバイス12の良否を容易に判定することができる。

## 【0029】

図5は、図4に示す波形の他の例を示す。また、図5においても図4と同様に、回路52(図2参照)の動作を例として説明する。図5の各図において、横軸は時間を表し、縦軸は電圧又は電流の大きさを示す。図5(a)は、図3(a)に示す電源電圧 $V_d$ に、所定の周期を有する重畳信号が重畳された電圧の拡大図を示す。図5(a)において、電源電圧 $V_c$ に重畳される重畳信号は、図4(b)に示した矩形波において、立ち下がりをもたゆるやかな台形波を有する信号である。図5(a)に示した矩形波は、図4(b)に示す矩形波より緩やかな立ち下がりのエッジを有する。図5(b)は、図5(a)に示す電圧が、電子デバイス12に電源電圧として供給された場合に、回路52のトランジスタ $T_1$ のゲートに供給される電圧を示す。図5(c)は、図5(a)に示す電圧が、電子デバイス12に電源電圧として供給された場合に、検出部14が検出する電源電流の一例を示す。



## 【 0 0 3 0 】

回路 5 2 のトランジスタ  $T_1$  は、 $n$  チャネル FET であるため、図 5 (b) に示すような、ゲート電圧  $V_g$  が供給された場合、ゲート電圧  $V_g$  のプラス電圧側の立ち上がり時のみ、オン／オフが切り替わる。電源電流  $I_{dd}$  は、トランジスタ  $T_1$  において、オン／オフが切り替わるタイミングで、電流値が大きく変化する。電源電流  $I_{dd}$  において、電流値が大きく変化するタイミングは、重畳信号  $V_a$  の周期と略等しい。そのため、電源電流  $I_{dd}$  の周波数成分を検出することにより、電子デバイス 1 2 の良否を容易に判定することができる。また、図 5 (a) に示すように、重畳信号の波形の立ち下がり、を、緩やかなものとするにより、ゲート電圧  $V_g$  における負電圧の大きさを縮小することができ、トランジスタ  $T_1$  に与える負荷を低減し、試験によるトランジスタの破壊を防ぐことができる。電源部 2 0 (図 1 参照) は、電源電圧に、立ち上がり時間より長い立ち下がり時間を有する波形の重畳信号を重畳することが好ましい。

## 【 0 0 3 1 】

図 6 は、本発明に係る L S I 試験装置 1 0 0 の構成の他の例を示す。L S I 試験装置 1 0 0 は、パターン発生部 1 0、電源部 2 0、検出部 1 4、判定部 1 6、及び電磁波発生部 3 0 を備える。図 6 において、図 1 と同一の符号を付したものは、図 1 から図 5 に関連して説明したものと同一又は同様の機能及び構成を有してよい。本例においては、パターン発生部 1 0、電源部 2 0、及び検出部 1 4 は、図 1 から図 5 に関連して説明した、パターン発生部 1 0、電源部 2 0、検出部 1 4、及び判定部 1 6 と同一の機能及び構成を有する。

## 【 0 0 3 2 】

電磁波発生部 3 0 は、所定の周波数を有する電磁波を発生する。判定部 1 6 は、電磁波発生部 3 0 が発生した電磁波が、電子デバイス 1 2 に伝搬されている状態において、検出部 1 4 が検出した電源電流に基づいて、電子デバイスの良否を判定する。電子デバイス 1 2 が、図 2 に関連して説明した、開放不良を有する回路を含む場合、電子デバイス 1 2 に、電磁波を伝搬させることにより、図 2 に示した開放端において、電磁誘導が生じ、トランジスタ  $T_1$  に接続される信号線に当該電磁波の周波数に基づいた、交流電流を生じる。当該交流電流により、トラ

ンジスタ $T_1$ がオン／オフされ、当該交流電流の周波数に基づいた電流成分が、検出部14が検出する電源電流に含まれる。判定部16は、当該電磁波の周波数と、検出部14が検出する電源電流に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。つまり、検出部14が検出する電源電流の周波数成分と、当該電磁波の周波数とを比較し、電子デバイス12の良否を判定する。また、判定部16は、電源部20が電子デバイス12に供給する電源電圧に重畳された重畳信号の周期に更に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。以上説明したLSI試験装置100によれば、電子デバイス12の良否を容易かつ、精度よく判定することができる。

#### 【0033】

また、電磁波発生部30が発生する電磁波の周波数と、電源部20が電源電圧に重畳する重畳信号の周波数とは、略同一であってよい。この場合、電磁波発生部30が発生する電磁波によって生じる交流電流の大きさは、トランジスタ $T_1$ のオン／オフ動作させる大きさより微小値だけ小さい電流値であることが好ましい。つまり、電磁波発生部30が発生する電磁波は、電子デバイス12に含まれるトランジスタ等の半導体素子を動作させるしきい値を越えない範囲で、しきい値に極めて近い大きさであることが好ましい。電磁波発生部30が発生する電磁波により、電子デバイス12に含まれるトランジスタのゲートに、トランジスタを誤作動させないぎりぎりの電流を供給することにより、電源部20が電源電圧に重畳する重畳信号の信号レベルを、低く設定することができ、電子デバイス12に含まれる半導体素子に与える負荷を低減することができる。

#### 【0034】

また、電磁波発生部30は、発生する電磁波の強度を変化させる手段を有することが好ましい。電磁波発生部30は、電子デバイス12に含まれるトランジスタのゲート耐圧及び容量等に基づいた強度を有する、電磁波を発生することが好ましい。また、電磁波発生部30は、発生する電磁波の周波数を変化させる手段を有することが好ましい。例えば、電磁波発生部30は、発生する電磁波の周波数を徐々に変化させ、電源部20は、一定の周期の重畳信号を電源電圧に重畳し、試験を行ってよい。電磁波発生部30が発生する電磁波の周波数を徐々に変化

させることにより、電磁波発生部 30 が発生する電磁波の影響によって生じる、電源電流の電流成分と、電源部 20 が重畳する重畳信号の影響によって生じる、電源電流の電流成分とが、互いにうち消しあう状態を継続せずに、試験を効率的に行うことができる。

## 【0035】

本例において、電磁波発生部 30 は、電磁波を発生する電磁波発生器 32 と、電磁波発生器 32 が発生する電磁波の強度、周波数、磁界の向き等を調整する磁界調整部 34 を有してよい。電磁波発生器 32 は例えばコイルを有してよい。磁界調整部 34 は、電磁波発生器 32 のコイルを三次元的に自由に動かし、電子デバイス 12 に対する当該コイルの位置及び／又は向きを調整できるのが好ましい。また、電磁波発生部 30 は、第 1 周波数を有する電磁波を発生する第 1 発生器と、第 2 周波数を有する電磁波を発生する第 2 発生器とを有してよい。当該第 1 発生器と当該第 2 発生器とは、異なる位置に配置される。磁界調整部 34 は、当該第 1 発生器と当該第 2 発生器の位置及び／又は向きを調整する。第 1 発生器及び第 2 発生器は、前述した電磁波発生器 32 であってよい。

## 【0036】

電磁波発生部 30 が発生する磁界の向きに垂直な方向に存在する電子デバイス 12 中の信号線は、電磁波を受けるアンテナとして機能し、信号線に交流電流を生じさせる。そのため、電子デバイス 12 中のトランジスタのゲート入力信号線が断線している場合、断線部分からゲートまでの信号線がアンテナとして機能し、当該電磁波の周波数にあわせて、ゲートをオン／オフする。当該トランジスタのゲートのオン／オフにより、電源電流に異常電流が現れる。判定部 16 は、当該異常電流の周波数をスペクトル解析し、当該電磁波の周波数と比較することによって、異常電流が電磁波により生じたものか否かを判定する。

## 【0037】

磁界調整部 34 は、試験中に、電磁波発生部 30 が発生する磁界の向き等を調整してよい。試験中に、磁界の向き等を調整することにより、電子デバイス 12 に含まれる、様々な方向の信号線の断線を検出することができる。また、電磁波発生部 30 に含まれる、第 1 発生器と、第 2 発生器とは、互いに直交する方向の

磁界を発生することが好ましい。

【0038】

図7は、第1発生器32a及び第2発生器32bが発生する磁界を説明する図である。第1発生器32a及び第2発生器32bは、例えばコイルであってよい。第1発生部32a及び第2発生部32bは、電子デバイス12に対してほぼ直交する向きに配置されている。前述したように、第1発生器32a及び第2発生器32bは、磁界調整部34により、自由に移動することが可能である。

【0039】

電子デバイス12に含まれる断線した信号線が、磁界の向きに垂直に配置されていれば、当該信号線は、電磁波を受けるアンテナとして機能することができる。しかし、断線した信号線が磁界の向きに平行に配置されていると、当該信号線において、アンテナ効果は生じない。そのため、図2に示すように、第1発生器32a及び第2発生器32bを、電子デバイス12に対して互いに角度付けて配置することにより、断線した信号線が、いずれかの電磁波に対してアンテナとして機能することが可能となり、全ての方向における信号線の断線を検出することができる。また、図2においては、第1発生器32a及び第2発生器32bの双方が、電子デバイス12の側部に配置されているが、これらは、電子デバイス12の上方、下方、又は電子デバイス12の面に対して角度付けされて配置されてもよい。

【0040】

図8は、本発明に係るLSI試験装置100の構成の他の例を示す。LSI試験装置100は、パターン発生部10、電源部20、検出部14、判定部16、及び交流電界発生部40を備える。図8において、図1と同一の符号を付したものは、図1から図5に関連して説明したものと同一又は同様の機能及び構成を有してよい。本例においては、パターン発生部10、電源部20、及び検出部14は、図1から図5に関連して説明した、パターン発生部10、電源部20、検出部14、及び判定部16と同一の機能及び構成を有する。

【0041】

交流電界発生部40は、所定の周波数を有する交流電界を発生し、電子デバイ

スに伝搬する。判定部16は、交流電界発生部40が発生した交流電界が、電子デバイス12に電波端されている状態において、検出部14が検出した電源電流に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。電子デバイス12が、図2に関連して説明した、開放不良を有する回路を含む場合、電子デバイス12に、交流電界を伝搬させることにより、ゲート信号入力線が断線したトランジスタのゲートに存在する容量に交流電界が供給される。ゲートの容量に交流電界が供給された場合、ゲートの容量が荷電され、ゲートがオン/オフされる。その結果、当該交流電界の周波数に基づいた電流成分が、検出部14が検出する電源電流に含まれる。判定部16は、当該交流電界の周波数と、検出部14が検出する電源電流に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。つまり、検出部14が検出する電源電流の周波数成分と、当該交流電界の周波数とを比較し、電子デバイス12の良否を判定する。また、判定部16は、電源部20が電子デバイス12に供給する電源電圧に重畳された重畳信号の周期に更に基づいて、電子デバイス12の良否を判定する。以上説明したLSI試験装置100によれば、電子デバイス12の良否を容易かつ、精度よく判定することができる。

## 【0042】

また、交流電界発生部40が発生する交流電界の周波数と、電源部20が電源電圧に重畳する重畳信号の周波数とは、略同一であってよい。この場合、交流電界発生部40が発生する交流電界の大きさは、トランジスタ $T_1$ のオン/オフ動作させる大きさより微小値だけ小さい電流値であることが好ましい。つまり、交流電界発生部40が発生する交流電界は、電子デバイス12に含まれるトランジスタ等の半導体素子を動作させるしきい値を越えない範囲で、しきい値に極めて近い大きさであることが好ましい。交流電界発生部40が発生する交流電界により、電子デバイス12に含まれるトランジスタのゲートに、トランジスタを誤作動させるしきい値を越えず、しきい値に極めて近い電流を供給することにより、電源部20が電源電圧に重畳する重畳信号の信号レベルを、低く設定することができ、電子デバイス12に含まれる半導体素子に与える負荷を低減することができる。

## 【0043】

また、交流電界発生部40は、発生する交流電界の強度を変化させる手段を有することが好ましい。交流電界発生部40は、電子デバイス12に含まれるトランジスタのゲート耐圧及び容量等に基づいた強度を有する、交流電界を発生することが好ましい。また、交流電界発生部40は、発生する交流電界の周波数を変化させる手段を有することが好ましい。例えば、交流電界発生部40は、発生する交流電界の周波数を徐々に変化させ、電源部20は、一定の周期の重畳信号を電源電圧に重畳し、試験を行ってよい。交流電界発生部40が発生する交流電界の周波数を徐々に変化させることにより、交流電界発生部40が発生する交流電界の影響によって生じる、電源電流の電流成分と、電源部20が重畳する重畳信号の影響によって生じる、電源電流の電流成分とが、互いにうち消しあう状態を継続せずに、試験を効率的に行うことができる。また、交流電界発生部40は、電子デバイス12に含まれる複数の半導体素子に対して、個別に交流電界を供給する電界プローブを有してよい。

## 【0044】

図9は、交流電界発生部40の構成の一例を示す。交流電界発生部40は、交流電源42と、電極44aと、電極44bとを有する。交流電源42は、電極44aと電極44bとに交流電圧を供給し、電極44aと電極44b間に交流電界を生じさせる。電子デバイス12は、電極44aと電極44bとの間に配置され、交流電界が伝搬される。交流電源42は、発生する交流電圧の周波数及び強度を変化させる手段を有することが好ましい。

## 【0045】

図10は、交流電界発生部40が有する電界プローブを説明する図である。交流電界発生部40は、電子デバイス12に含まれる複数の半導体素子のうちの一部の半導体素子の入力に、交流電界を供給する電界プローブ50a及び電界プローブ50bを有する。電界プローブ50a及び電界プローブ50bは、図10に示すように、電子デバイス12に含まれる複数の半導体素子の任意の半導体素子の入力に、交流電界を供給する。当該交流電界が供給された半導体素子の入力信号線が断線している場合、前述したように、電子デバイス12の電源電流に異常電流が生じ、当該入力信号線の断線を検出することができる。

【0046】

以上説明したように、本発明によれば、電源電圧に重畳信号を重畳し、電源電流を測定することにより、容易に電子デバイス12の試験を行うことができる。また、テストパターンを供給した状態で試験を行うことにより、電子デバイス12の不良箇所を容易に検出することができる。また、電磁波又は交流電界を電子デバイス12に伝搬させた状態で試験を行うことにより、精度よく、かつ電子デバイス12に含まれる半導体素子に過度の負荷を与えることなく、試験を行うことが可能となる。

【0047】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0048】

【発明の効果】

上記説明から明らかなように、本発明によれば、電子デバイス12の試験を容易に行うことが可能となる。また、電子デバイス12の不良箇所を容易に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係るLSI試験装置100の構成の一例を示す。

【図2】 電子デバイス12に含まれる回路の一例を示す。

【図3】 重畳信号Va及び、検出される電源電流Iddの一例を示す。

【図4】 図3に示す時間T<sub>10</sub>からT<sub>20</sub>までの一部の波形の一例の拡大図である。

【図5】 図4に示す波形の他の例を示す。

【図6】 本発明に係るLSI試験装置100の構成の他の例を示す。

【図7】 第1発生器32a及び第2発生器32bが発生する磁界を説明す

る図である。

【図 8】 本発明に係る L S I 試験装置 1 0 0 の構成の他の例を示す。

【図 9】 交流電界発生部 4 0 の構成の一例を示す。

【図 1 0】 交流電界発生部 4 0 が有する電界プローブを説明する図である。

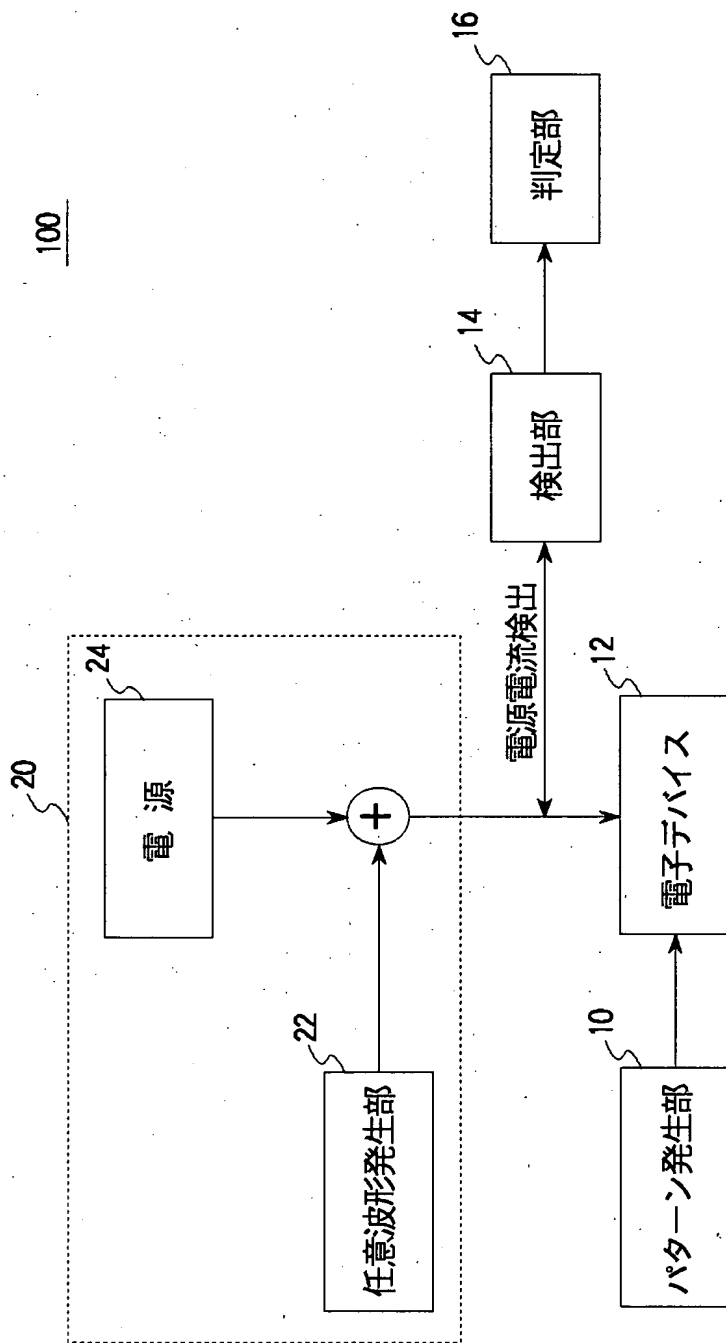
【符号の説明】

1 0 . . . パターン発生部、 1 2 . . . 電子デバイス、 1 4 . . . 検出部、 1 6 . . . 判定部、 2 0 . . . 電源部、 2 2 . . . 任意波形発生部、 2 4 . . . 電源、 3 0 . . . 電磁波発生部、 3 2 . . . 電磁波発生器、 3 2 a . . . 第 1 発生器、 3 2 b . . . 第 2 発生器、 3 4 . . . 磁界調整部、 4 0 . . . 交流電界発生部、 4 2 . . . 交流電源、 4 4 . . . 電極、 5 0 . . . 電界プローブ、 1 0 0 . . . L S I 試験装置

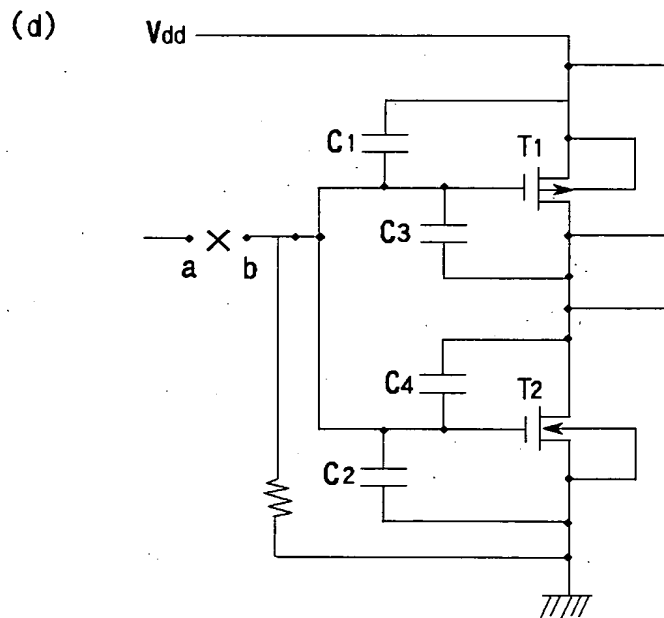
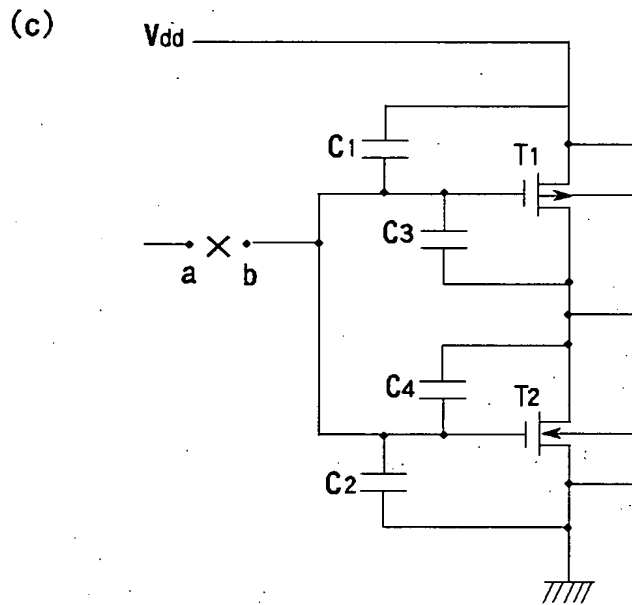
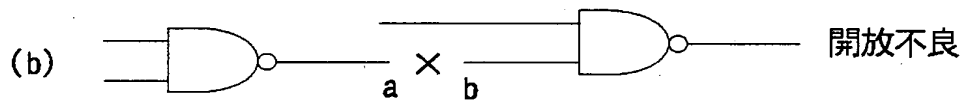
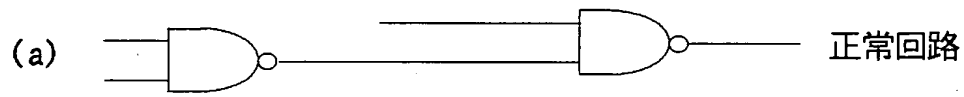


【書類名】 図面

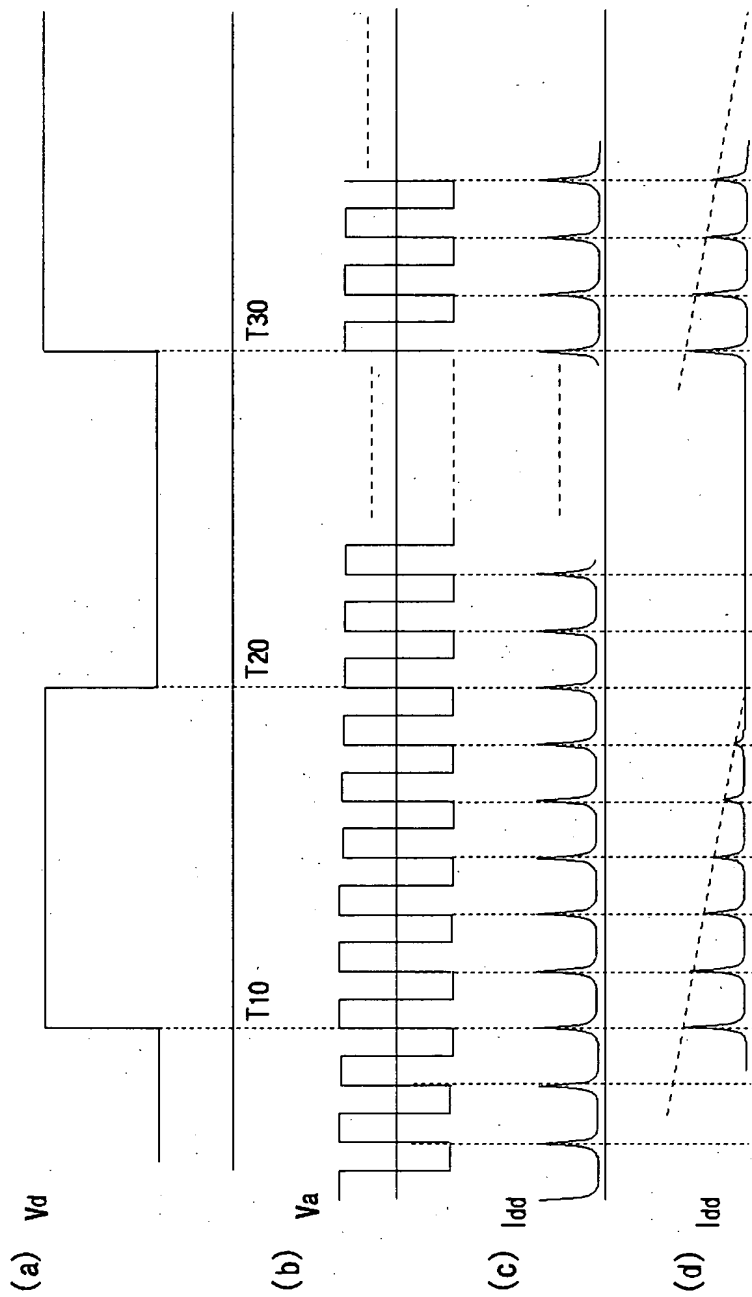
【図 1】



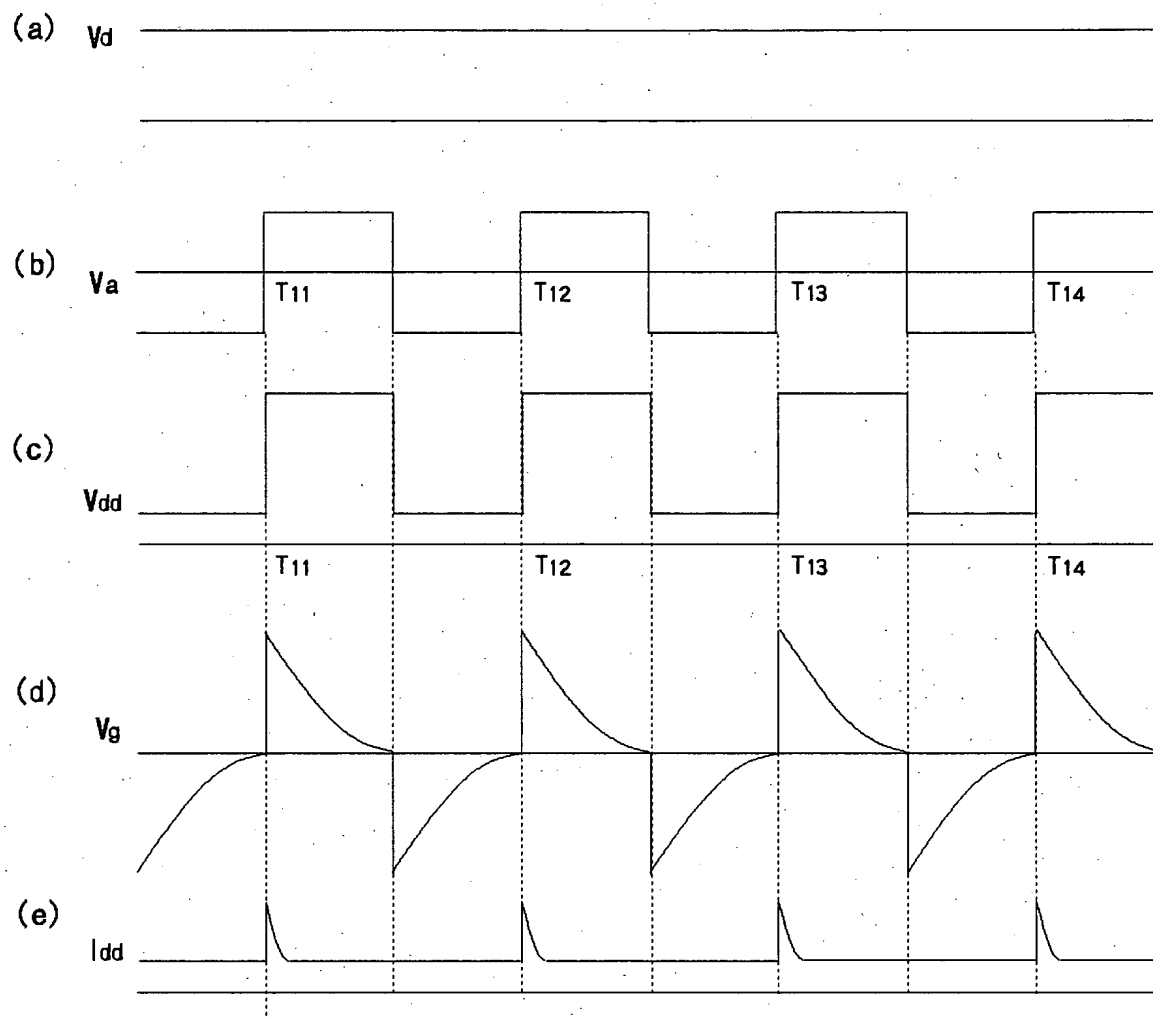
【図 2】



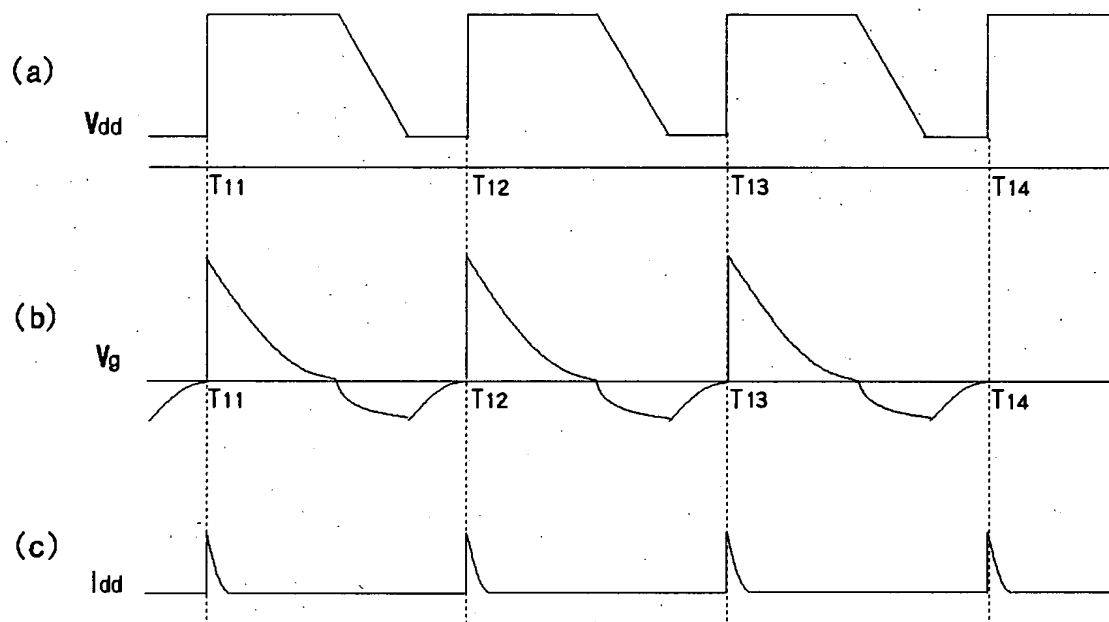
【図 3】



【図 4】

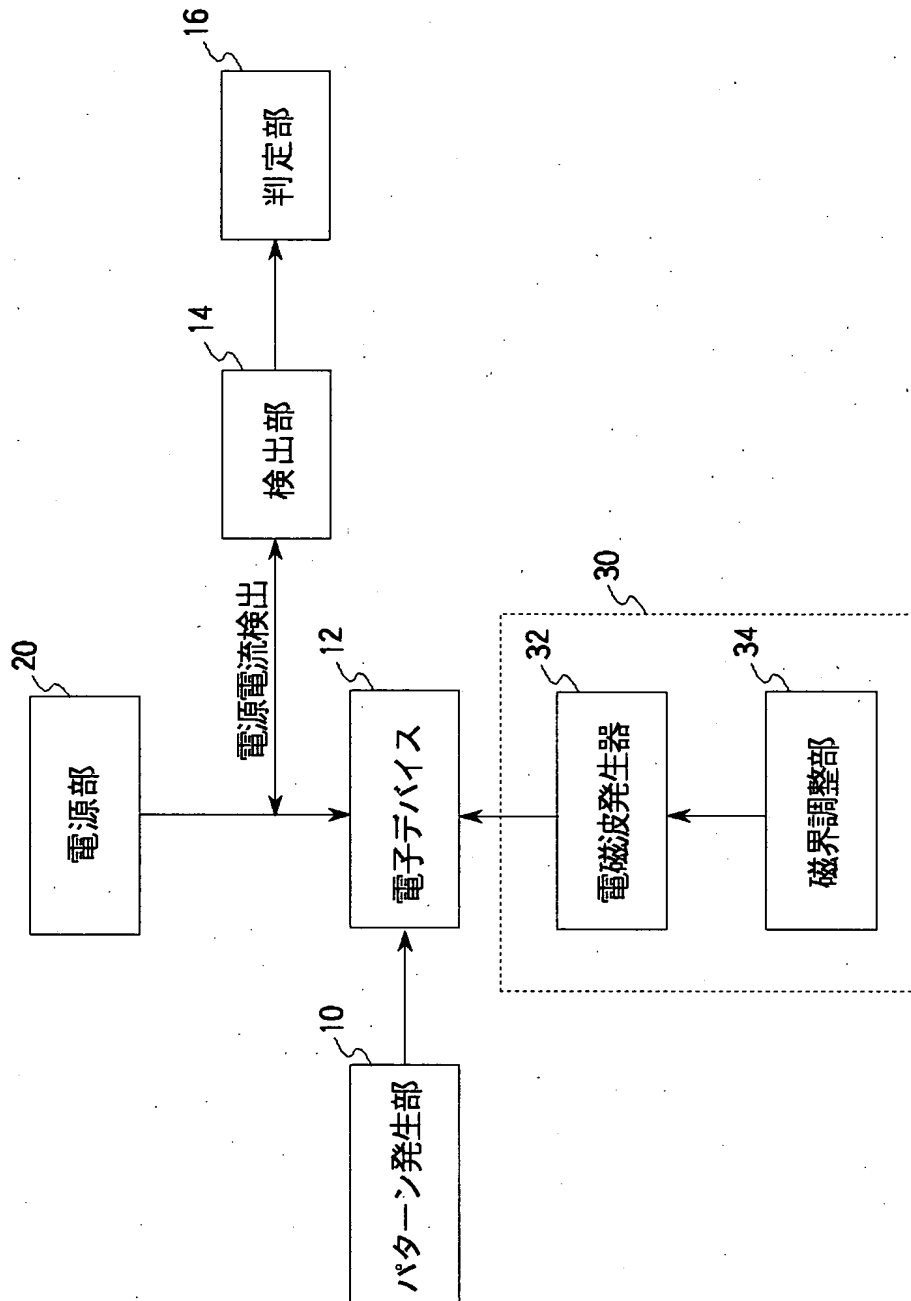


【図 5】

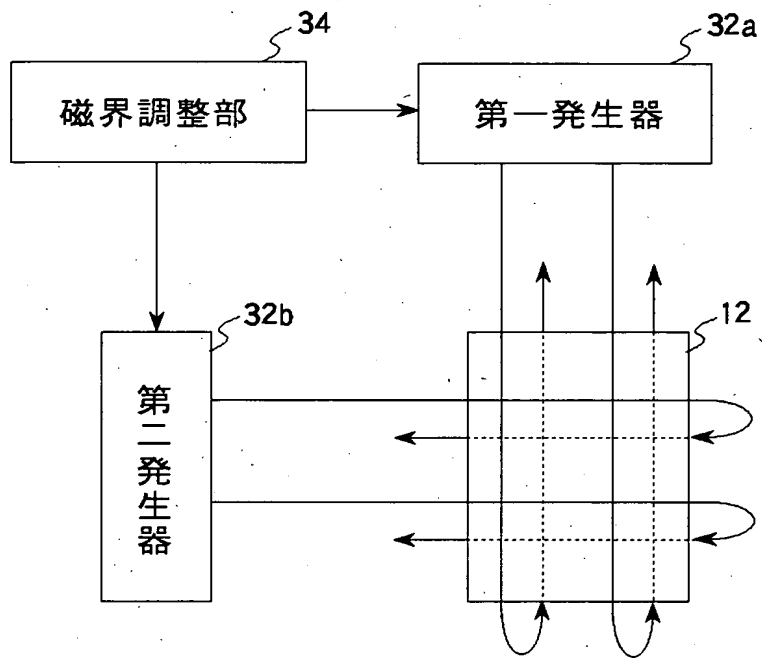


【図 6】

100

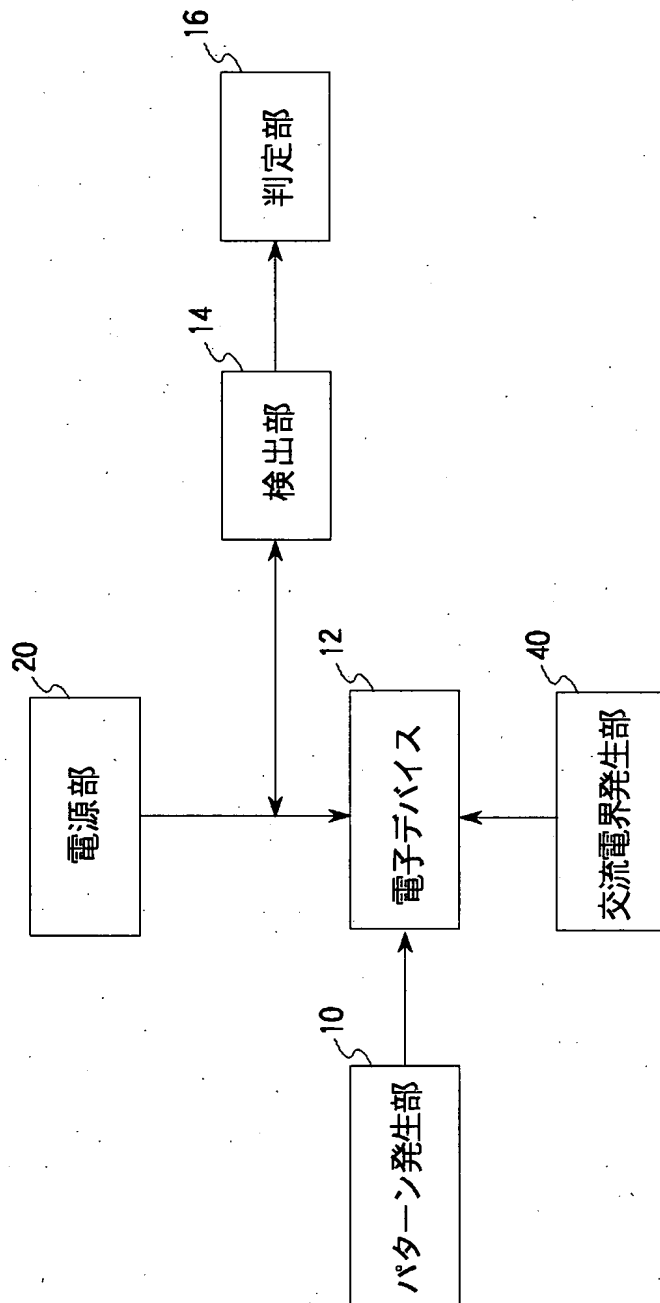


【図 7】



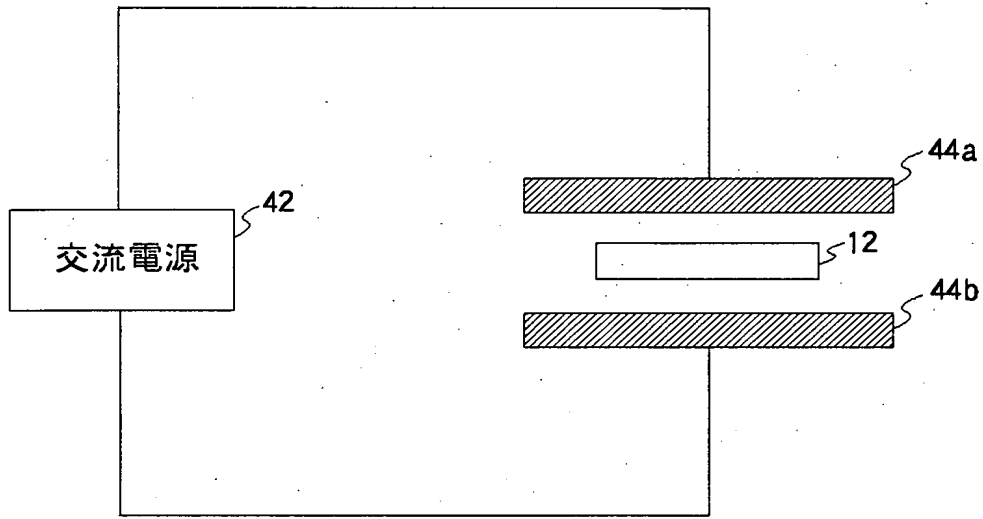
【図 8】

100

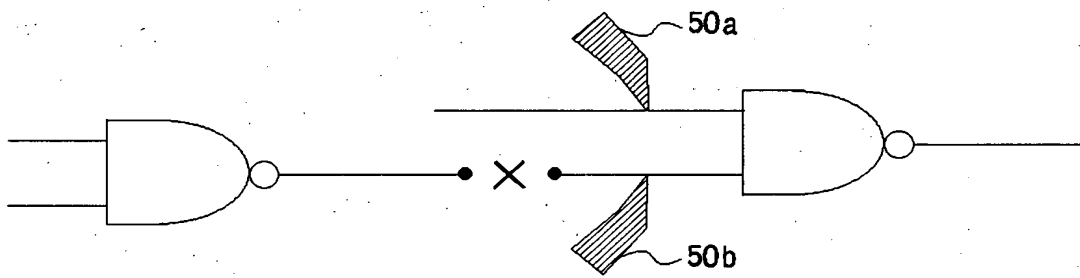




【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子デバイスについて、容易に試験を行うことのできる L S I 試験装置を提供する。

【解決手段】 電子デバイスに直流の電源電圧を供給する電源部と、電源部から、電子デバイスに供給される電源電流を検出する検出部と、電子デバイスの良否を判定する判定部とを備えた L S I 試験装置で、電源部は、電源電圧に所定の周期を有する重畳信号を重畳する手段を有し、判定部は、電子デバイスに、重畳信号が重畳された電源電圧に供給された場合に、検出部が検出する電源電流に基づいて電子デバイスの良否を判定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390005175]

1. 変更年月日 1990年10月15日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都練馬区旭町1丁目32番1号  
氏 名 株式会社アドバンテスト